

УДК 576.895.421

АНОМАЛИИ ЭКЗОСКЕЛЕТА САМОК В ПОПУЛЯЦИЯХ ТАЕЖНОГО КЛЕЩА АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© А. Я. Никитин,* И. М. Морозов

Иркутский научно-исследовательский противочумный
институт Роспотребнадзора
ул. Трилиссера, 78, Иркутск, 664047
* E-mail: nikitin_irk@mail.ru
Поступила 27.05.2016

Описана географическая изменчивость проявления аномалий экзоскелета у самок таежного клеща (*Ixodes persulcatus* Schulze, 1930) из популяций азиатской части России. Всего изучено 3872 самки, собранные на флаг с растительности в Дальневосточном, Сибирском и Уральском федеральных округах (далее ДФО, СФО и УФО). Показано, что во всех популяциях присутствуют особи с нарушениями экзоскелета, причем повсеместно доминирует изменение скутума, известное из литературы под названием «шагреневая кожа». У самок, собранных севернее 55° с. ш., аномалии встречаются достоверно чаще ($63.4 \pm 3.39\%$), чем у особей из выборок с территории СФО, но расположенных южнее ($33.1 \pm 3.43\%$). В свою очередь частота аномалий экзоскелета у самок, собранных в ДФО, ниже ($24.4 \pm 1.93\%$), чем у особей, обитающих в условиях резко континентального климата. Выявленная изменчивость строения экзоскелета самок на азиатской территории России отражает естественную феногеографическую вариацию признака и не является следствием антропогенного воздействия.

Ключевые слова: аномалии экзоскелета, *Ixodes persulcatus*, структура популяций.

В России таежный клещ (*Ixodes persulcatus* Schulze, 1930) — основной резервуар и переносчик вируса клещевого энцефалита и боррелий. В 1990-х годах изучение его популяций преимущественно на европейской территории страны показало, что они насыщены особями с аномалиями экзоскелета (Алексеев, 1995; Alekseev et al., 2006; Алексеев и др., 2008). В дальнейшем было выяснено, что клещи с нарушениями строения чаще инфицированы патогенной и непатогенной для человека микрофлорой, обладают большей двигательной активностью, более выраженным отрицательным геотаксисом и вследствие всего перечисленного создают повышенную эпидемиологическую опасность (Семенов, 2003; Alekseev et al., 2006; Алексеев и др., 2008; Морозов и др., 2015). В этой связи изучение фенотипической структуры популяций переносчика приобретает не только фундаментальное, но и важное прикладное значение.

Таблица 1
Районы, годы сбора и объемы выборок самок *Ixodes persulcatus*
Table 1. The areas, years of collection, and size of sampling
of *Ixodes persulcatus* females

Округ	Субъект / административный район (географические координаты центра): с. ш. — северная широта, в. д. — восточная долгота)	Годы сбора	Число самок
ДФО	Приморский край / г. Владивосток (43.1° с.ш., 131.9° в. д.)	2013—2015	120
	Приморский край / о-в Русский (43.0° с. ш., 131.9° в. д.)	2014, 2015	242
	Приморский край / о-в Рейнеке (42.9° с. ш., 131.7° в. д.)	2014, 2015	55
	Приморский край / с. Владимиро-Александровское (42.9° с. ш., 133.1° в. д.)	2011	44
	Приморский край / с. Каменушка (43.4° с. ш., 132.1° в. д.)	2013—2015	104
СФО	Амурская обл. / с. Архара (49.4° с. ш., 130.8° в. д.)	2014	20
	Забайкальский край / с. Архангельское (50.3° с. ш., 108.8° в. д.)	2014	34
	Иркутская обл. / г. Иркутск (52.3° с. ш., 104.3° в. д.)	2004—2015	2127
	Иркутская обл. / г. Братск (56.1° с. ш., 101.6° в. д.)	2009—2014	278
	Иркутская обл. / г. Бодайбо (57.9° с. ш., 114.2° в. д.)	2012, 2015	32
	Иркутская обл. / г. Усть-Илимск (58.0° с. ш., 102.7° в. д.)	2012—2015	282
	Республика Алтай / с. Усть-Сема (51.6° с. ш., 85.8° в. д.)	2009	47
	Республика Алтай / с. Турочак (52.3° с. ш., 87.1° в. д.)	2009	48
	Республика Хакасия / г. Абаза (52.7° с. ш., 90.9° в. д.)	2014	120
	Республика Хакасия / г. Саяногорск (53.9° с. ш., 91.4° в. д.)	2015	172
УФО	Тюменская обл. / г. Ханты-Мансийск (61.0° с. ш., 69.0° в. д.)	2015	147
Всего исследовано самок		3872	

Цель сообщения — описать структуру популяций *I. persulcatus* по характеру проявления аномалий экзоскелета самок азиатской части территории России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор имаго проводили на флаг с растительности в 2004—2015 гг. стандартным методом. Описано строение экзоскелета самок таежного клеща из популяций с территории Дальневосточного (ДФО), Сибирского (СФО) и Уральского (УФО) федеральных округов (табл. 1). Анализ самцов еще не закончен и будет представлен в отдельной работе. Собранный материал сгруппирован в 16 выборок. Приводимые в табл. 1 географические коор-

динаты соответствуют административным центрам районов городского или сельского типа (в двух случаях это территория островов), в окрестностях которых проведены сборы клещей.

Строение наружного скелета самок анализировали с использованием световых бинокулярных микроскопов (увеличение $\times 80$, МС-2 «Биомед» и $\times 84$, МБС-10, ЛОМО, Россия). Классификация выявляемых аномалий дана в соответствии со схемой, разработанной Алексеевым и др. (2008). Всего исследовано 3872 самки таежного клеща.

При анализе материалов данные с одной и той же территории за несколько лет суммированы. Для статистической обработки использованы стандартные методы вариационной статистики (Елисеева, Юзбашев, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ встречаемости отдельных типов аномалий у клещей, собранных на территориях трех округов страны, приведен в табл. 2. Во всех выборках зарегистрированы самки с аномалиями экзоскелета. Из типов нарушений экзоскелета, приведенных в работе Алексеева и др. (2008), на территории ДФО выявлено 5, СФО — 9, УФО — 5. Всего по исследованным районам зарегистрированы нарушения 10 типов (без учета стороны тела, на которой проявляется признак). На рис. 1 приведен пример изображения самки таежного клеща «нормального» строения (рис. 1, *a*), а также некоторых типов аномалий (рис. 1, *г—e*). В случаях, когда аномалия может проявляться с разных сторон тела, чаще регистрировали нарушения, локализованные слева, что закономерно, так как левосторонняя асимметрия наиболее распространена в царстве животных (Coutelis et al., 2013).

На территории трех округов страны наиболее часто встречается нарушение скутума, представляющее конгломерат выпуклостей и вдавлений на поверхности щитка, делающее его похожим на «шагреновую кожу» — аномалия Р9 (табл. 2; рис. 1, *e*). Доля самок с такой аномалией от общего числа проанализированных составляет на территории ДФО — $17.8 \pm 1.58\%$, СФО — $27.0 \pm 0.81\%$, УФО — $47.6 \pm 4.12\%$. При попарном сравнении полученных значений показателя встречаемости аномалии Р9 между отдельными округами во всех случаях различия достоверны ($P < 0.001$). Подчеркнем, что Р9 является аномалией, преобладающей у таежного клеща и в европейской части страны (Алексеев и др., 2008). Для этой аномалии Морозовым и др. (2015) установлена положительная корреляция между многолетними данными, описывающими частоту проявления Р9 в популяции, и долей особей, содержащих антиген вируса клещевого энцефалита.

По частоте регистрации отдельных типов нарушений строения экзоскелета минимальные показатели характерны для территории ДФО (табл. 2). Причем, если для редко наблюдающихся нарушений это можно связывать с меньшим объемом исследованного на территории этого округа материала, то для часто выявляемых аномалий (Р6, Р7, Р8, Р9) подобное объяснение неприемлемо, и регистрируемые различия характеризуют именно особенности проявления нарушений экзоскелета в популяциях таежного клеща географически удаленных районов.

Таблица 2

Встречаемость аномалий различных типов в выборках самок *Ixodes persulcatus* азиатской части РоссииTable 2. The occurrence of various types anomalies in samples of *Ixodes persulcatus* of the Asian part of Russia

Тип нарушения экзоскелета самок (обозначение аномалии по работе Алексеева (Алексеев и др., 2008))	Встречаемость аномалий на территории, %			Тип нарушения экзоскелета самок (обозначение аномалии по работе Алексеева (Алексеев и др., 2008))	Встречаемость аномалии на территории, %		
	ДФО (589) ¹	СФО (3136)	УФО (147)		ДФО (589)	СФО (3136)	УФО (147)
Нарушение развития пальпы (P2) — рис. 1, б	0.0 (0)	0.4 ± 0.11 (0)	0.0 (0)	Неровная поверхность скутума (шагреновая кожа — P9) — рис. 1, е	17.8 ± 1.58 (105)	26.6 ± 0.79 (834)	47.6 ± 4.12 (70)
Аномалия поровых полей (слияние) (P4)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.7 ± 0.68 (1)	Искривление тела (P17)	0.2 ± 0.17 (1)	0.2 ± 0.09 (7)	0.0 (0)
Парные вдавления на одной из сторон скутума (P6)	2.7 ± 0.67 (16)	5.1 ± 0.39 (160)	3.4 ± 1.50 (5)	Деформация отдельного членика ноги (P21)	0.0 (0)	0.06 ± 0.046 (2)	0.0 (0)
Парные вдавления на обеих сторонах скутума (P7) — рис. 1, г	3.9 ± 0.80 (23)	6.7 ± 0.45 (209)	5.4 ± 1.87 (8)	Недоразвитие ноги (P22) — рис. 1, в	0.0 (0)	0.6 ± 0.13 (17)	0.0 (0)
Одиночное вдавление одной из сторон скутума (P8) — рис. 1, д	2.0 ± 0.58 (12)	6.9 ± 0.45 (217)	1.4 ± 0.96 (2)	Редукция ноги вплоть до отсутствия коксы (P23)	0.0 (0)	0.03 ± 0.032 (1)	0.0 (0)

Примечание. В скобках приведено абсолютное число самок.

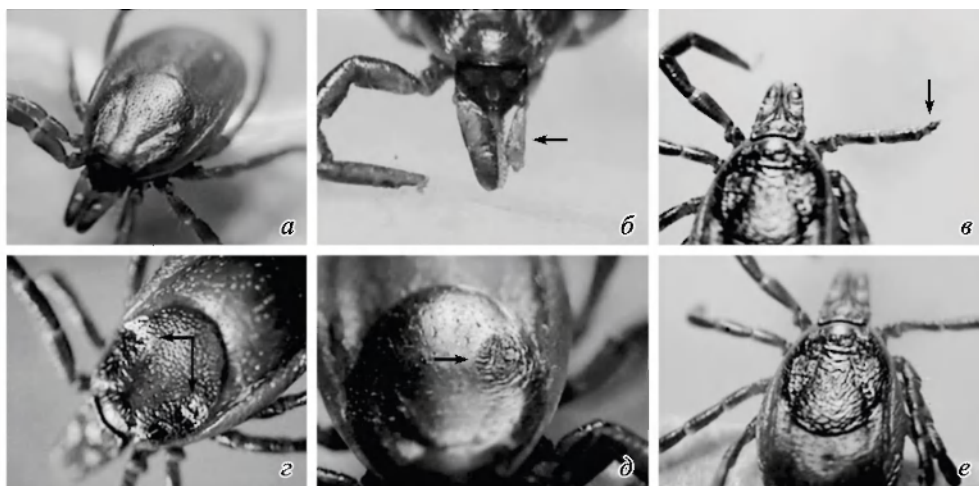


Рис. 1. Примеры аномалий экзоскелета, регистрируемых у самок *Ixodes persulcatus*. Обозначения нарушений строения приведены по работе Алексеева и др. (2008): *а* — особь без аномалий, *б* — нарушение развития пальпы (P2), *в* — аномалия ноги (P22), *г* — симметричные вдавления на скутуме (P7), *д* — асимметричное вдавление на скутуме (P8), *е* — изменение поверхности скутума «шагреневая кожа» (P9).

Fig. 1. Examples of exoskeleton anomalies recorded in *Ixodes persulcatus* females.

В популяциях иксодовых клещей на европейской территории страны доля особей с аномалиями обычно не превышала 50—55 % — критической массы, после которой, как считают авторы (Алексеев и др., 2008), происходит гибель измененной части популяции. В качестве исключения рассматривается структура выборок переносчика с участков сильного антропогенного загрязнения, в частности, тяжелыми металлами из окрестностей г. Череповца, и собранных вблизи крупных автострад (Alekseev et al., 2006; Алексеев и др., 2008). По нашим данным (табл. 3), в выборках самок на азиатской территории страны прослеживается пространственная неоднородность проявления аномалий экзоскелета.

Во-первых, доля самок с нарушениями экзоскелета достоверно ниже у клещей, обитающих на территории ДФО ($24.4 \pm 1.93\%$), по сравнению с другими районами (рис. 2, столбики гистограммы). Во-вторых, аномалии значимо чаще встречаются у самок, собранных в окрестностях городов Бодайбо, Братск, Усть-Илимск ($66.1 \pm 2.79\%$), т. е. на севере Иркутской обл. (табл. 1, 3), по сравнению с югом этого субъекта ($38.1 \pm 1.05\%$; $P < 0.001$). Кроме того, существенной особенностью популяций таежного клеща на севере Иркутской обл. является наличие особей с тремя аномалиями одновременно. За время наблюдений в Братском и Усть-Илимском районах собрано 4 таких самки (0.7% — изучено 592 особи), в то время как из других мест — ни одной (проанализировано 3280 клещей). Доля имаго с двумя аномалиями экзоскелета также выше ($8.2 \pm 3.74\%$) в популяциях этого вида на севере Иркутской обл. по сравнению с остальными районами.

Нерассмотренными из табл. 3 остались 4 выборки. В двух из них (Забайкальский край, Р. Алтай) значения доли самок с нарушениями экзоскелета близки к наблюдаемым на юге Иркутской обл. В одной (Р. Хака-

Таблица 3

Показатели, характеризующие фенотипическую структуру популяций самок *Ixodes persulcatus* по строению экзоскелета

Table 3. Indices characteristic of the phenotypic structure of *Ixodes persulcatus* females' populations based on their exoskeleton structure

Район исследования (в соответствии с табл. 1)	Число самок без аномалий	Число самок с аномалиями	Доля самок с аномалиями от объема выборки, %	Доля самок с двумя аномалиями от объема выборки, %
Приморский край / г. Владивосток	101	19	15.8 ± 3.33	0.0
Приморский край / г. Владивосток	171	71	29.3 ± 2.93	1.7 ± 0.82
Приморский край / о-в Рейнеке	42	13	23.6 ± 5.73	0.0
Приморский край / г. Уссурийск	75	29	27.9 ± 4.40	2.9 ± 1.64
Приморский край / г. Находка	33	11	25.0 ± 6.53	6.8 ± 3.80
Амурская область / с. Архара	15	5	25.0 ± 9.68	0.0
Забайкальский край / с. Архангельское	22	12	35.3 ± 8.20	0.0
Иркутская обл. / г. Иркутск	1317	810	38.1 ± 1.05	2.9 ± 0.36
Иркутская обл. / г. Братск	79	199	71.6 ± 2.71	15.5 ± 2.17
Иркутская обл. / г. Усть-Илимск	101	181	64.2 ± 2.86	6.0 ± 1.42
Иркутская обл. / г. Бодайбо	12	20	62.5 ± 8.56	3.1 ± 3.08
Республика Алтай / с. Усть-Сема	28	19	40.4 ± 7.16	4.3 ± 2.94
Республика Алтай / с. Турочак	29	19	39.6 ± 7.06	4.2 ± 2.88
Республика Хакасия / г. Абаза	91	29	24.2 ± 3.91	0.8 ± 0.83
Республика Хакасия / г. Саяногорск	136	36	20.9 ± 3.10	0.6 ± 0.58
Тюменская обл. / г. Ханты-Мансийск	66	81	55.1 ± 4.10	3.4 ± 1.50

сия) — к показателю, зарегистрированному на территории ДФО, и еще в одной (УФО, г. Ханты-Мансийск) — к данным, характерным для севера Иркутской обл.

Выявленные географические особенности проявления аномалий экзоскелета в популяциях таежного клеща можно интерпретировать с учетом климатических различий территорий, а не антропогенного пресса. Так, обследуемые районы ДФО характеризуются умеренно муссонным (Приморский край) или умеренно континентальным (Архаринский р-н Амурской обл.) климатом. Среднегодовая температура воздуха по местам сбора клещей колеблется от 0.1 до 5.6 °С; количество осадков — 550—818 мм в год.

Остальные сборы сделаны на территориях с более выраженной континентальностью (табл. 1). Для исследованных участков территорий между 50 и 55° с. ш. среднегодовая температура воздуха варьирует от –3.3 до 1.9 °С; количество осадков — от 350 до 517 мм в год. В этих условиях частота аномалий экзоскелета самок в среднем составляет 33.1 ± 3.43 % (рис. 2, столбики гистограммы). Причем климат на территории Р. Хакасия, где зарегистрировано минимальное число особей с нарушениями для выборок клещей, сделанных в СФО (табл. 2), является самым теплым в Восточной Сибири (Восточная..., 1963).

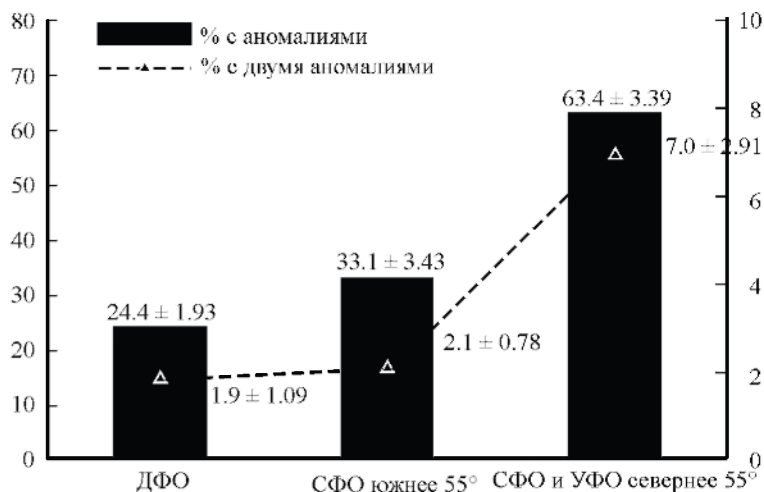


Рис. 2. Проявление аномалий экзоскелета у самок *Ixodes persulcatus* из популяций азиатской части России.

Доля клещей с нарушениями экзоскелета (столбики гистограммы) отражена по левой оси ординат, доля самок с двумя аномалиями одновременно (прерывистая линия) — по правой оси ординат.

Fig. 2. Exoskeleton anomalies in *Ixodes persulcatus* females from various populations of the Asian part of Russia.

Наиболее суровые климатические условия наблюдаются в районах севернее 55° с. ш.: север Иркутской обл., район г. Ханты-Мансийска (УФО). В этом случае среднегодовая температура воздуха в местах сбора клещей изменяется от -5.1 до -1.2°C ; количество осадков — от 400 до 550 мм в год. В условиях резко континентального климата для районов, находящихся севернее 55° с. ш., у самок таежного клеща выявлено самое большое число аномалий экзоскелета ($63.4 \pm 3.39\%$), а также особей с двумя нарушениями одновременно ($7.0 \pm 2.91\%$) (рис. 2).

Следовательно, выявляемый полиморфизм строения экзоскелета самок может отражать естественную феногеографическую изменчивость признака, а не являться только следствием антропогенного воздействия, как это было установлено ранее (Алексеев и др., 2008).

Фактом, подтверждающим независимость высокой частоты нарушений экзоскелета клещей из популяций севернее 55° с. ш. от влияния тяжелых металлов, является прямое определение их количества в местах сбора. Показано, что в пробах почв из пригородов Иркутска и Братска в случае их одинакового удаления от автострад содержание тяжелых металлов (цинка, меди, свинца, кадмия) достоверно не различается, и это соответствует данным литературы о характере антропогенного загрязнения исследуемых районов (Панова, 2011).

Таким образом, изучение структуры популяций таежного клеща в азиатской части России показало, что в них, как и на европейской территории, наблюдается проявление полиморфизма строения экзоскелета. Доминирует один и тот же тип аномалий — Р9 (табл. 2; рис. 1, е). Однако, как хорошо видно на рис. 2, у самок, собранных севернее 55° с. ш., нарушения встречаются достоверно чаще ($63.4 \pm 3.39\%$), чем у особей, собранных на территории СФО, но южнее ($33.1 \pm 3.43\%$). В свою очередь частота ано-

маний у самок из районов умеренно муссонного и умеренно континентального климата ДФО ($24.4 \pm 1.93\%$) ниже, чем у особей с участков, находящихся на территории СФО и УФО с резко континентальным климатом. Следовательно, не только антропогенный фактор, но и естественная феногеографическая изменчивость структуры популяций таежного клеща определяет уровень проявления аномалий экзоскелета. Причем в меридиональном направлении граница выделенных участков с различной насыщенностью популяций таежного клеща самками с нарушениями экзоскелета совпадает с территориальными комплексами, получившими название сибирской и дальневосточной рас вида, особи которых отличаются по фотопериодическому порогу развития напивавшихся личинок и нимф (Коротков, 2009).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность А. В. Алленову, Н. С. Гордейко, Т. В. Зверевой (ФКУЗ «Приморская противочумная станция» Роспотребнадзора, г. Уссуриск, Россия), В. Е. Курганову, О. Н. Пелевиной, О. Н. Афанасьевой, Т. П. Митрошиной (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Хакасия» Роспотребнадзора, г. Абакан, Россия), Л. Д. Щучиновой (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай» Роспотребнадзора, г. Горно-Алтайск, Россия), А. А. Мусиной (г. Тюмень, Россия) за помощь в сборе иксодовых клещей; Е. С. Святашевой (Научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия) за проведение химического анализа образцов почв и клещей.

Особая благодарность А. Н. Алексееву и Е. В. Дубининой (г. Санкт-Петербург, Россия) за ценные консультации и всестороннюю методическую помощь.

Список литературы

- Алексеев А. И. 1995. Антропогенный пресс, патоморфология переносчика, обилие возбудителя болезни Лайма. Докл. РАН. 340 (4) : 563—565.
- Алексеев А. Н., Дубинина Е. В., Юшкова О. В. 2008. Функционирование паразитарной системы «клещ—возбудители» в условиях усиливающегося антропогенного пресса. СПб.: Инсанта. 146 с.
- Восточная Сибирь. Экономико-географическая характеристика. 1963. М.: Географгиз. 896 с.
- Елисеева И. И., Юзбашев М. М. 2004. Общая теория статистики: учебник. М.: Финансы и статистика. 656 с.
- Коротков Ю. С. 2009. Экология таежного клеща (*Ixodes persulcatus* Schulze, 1930) в условиях изменения климата Евразии. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб. 46 с.
- Морозов И. М., Алексеев А. Н., Дубинина Е. В., Никитин А. Я., Мельникова О. В., Андаев Е. И. 2015. Полиморфизм фенотипической структуры популяции таежного клеща и его эпидемиологическое значение. Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 3 : 42—45.
- Панова Т. С. 2011. Экологические и морфологические особенности популяций таежного клеща в контрастных условиях обитания (на примере территорий юга и севера Иркутской области). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск. 19 с.

- Семенов А. В. 2003. Многообразие заражения патогенами популяций клещей *Ixodes persulcatus* на территориях с сильным антропогенным прессом. Дис. ... канд. биол. наук. М. 136 с.
- Alekseev A. N., Dubinina H. V., Chirov P. A. 2006. Tick morphology, tick microbiocenosis, and the ability to accumulate tick-borne pathogens as a result of anthropogenic pressure? International Journal of Medical Microbiology. 296 (1) : 169—171.
- Coutelis J.-B., Geminard C., Speder P., Suzanne M., Petzoldt A. G., Nosselli S. 2013. *Drosophila* Left/Right Asymmetry Establishment Is Controlled by the Hox Gene Abdominal-B. Developmental Cell. 24 (1) : 89—97.

EXOSKELETON ABNORMALITIES IN TAIGA TICK FEMALES FROM POPULATIONS OF THE ASIATIC PART OF RUSSIA

A. Ya. Nikitin, I. M. Morozov

Key words: exoskeleton anomalies, *Ixodes persulcatus*, population structure.

SUMMARY

Studies of the phenotypic structure of *Ixodes persulcatus* (Schulze, 1930) populations in relation to their exoskeleton abnormalities are important in both theoretical and practical respects. The data on the species' population structure in Asiatic part of Russia are fragmentary. The goal of the study was to describe taiga tick population structure based on the pattern of females' exoskeleton abnormalities revealed in Asiatic part of Russia.

A total of 3872 *I. persulcatus* females from 16 geographically remote sites of Far Eastern, Siberian, and Ural Federal Districts (FEFD, SFD, and UFD accordingly) were studied.

It was demonstrated that all the populations possessed specimens with exoskeleton abnormalities. The «shagreen skin» abnormality was dominant in all these areas. At the same time, the percentage of abnormalities among the specimens collected to the north of 55°N is considerably higher ($63.4 \pm 3.39\%$) than that of samples from the SFD southward territories ($33.1 \pm 3.43\%$). The frequency of abnormalities in its turn is lower ($24.4 \pm 1.93\%$) in the females from the territories with moderate monsoon and moderate continental climate (FEFD) than that in specimens from SFD and UFD areas with sharp continental climate. Thus, such polymorphism of the females' exoskeleton structure may reflect the natural phenogeographical variability of the character rather than the result of the anthropogenic impact.